

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

## PRIORITY DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

DE 41 2225



REC'D 01 DEC 2004

WIPO

PCT

### Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:**

10 2004 018 191.8

**Anmeldetag:**

08. April 2004

**Anmelder/Inhaber:**

ROBERT BOSCH GMBH, 70469 Stuttgart/DE

**Bezeichnung:**

Verfahren zum Ansteuern eines zweistufigen Schalt-  
ventils

**Priorität:**

26. November 2003 DE 103 55 849.7

**IPC:**

B 60 T 8/36

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 25. Mai 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Wallner

BEST AVAILABLE COPY

5 17.03.2004

ROBERT BOSCH GMBH; 70442 Stuttgart

Verfahren zum Ansteuern eines zweistufigen Schaltventils

10

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ansteuern eines zweistufigen Schaltventils gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

15

Moderne Fahrzeuge mit Fahrdynamikregelungssystemen, wie z.B. ESP (elektronisches Stabilitätsprogramm) oder ASR (Antriebsschlupfregelung), umfassen speziell angepasste Bremssysteme. Derartige Bremssysteme haben in der Regel mehrere Ventile, mit denen zwischen einem Fuß-Bremsbetrieb und einem automatischen Bremsbetrieb umgeschaltet werden kann.

20

Fig. 1 zeigt ein aus dem Stand der Technik bekanntes hydraulisches Bremssystem 14, das zur Durchführung einer Fahrdynamikregelung eingerichtet ist. Das Bremssystem 17 umfasst zwei Bremskreise 19a, 19b in X- oder ||-Aufteilung, die symmetrisch ausgebildet sind. Im Folgenden wird daher nur auf den in der Fig. links dargestellten Teil 19a Bezug genommen.

25

Das Bremssystem umfasst ein Fuß-Bremspedal 1, einen Bremskraftverstärker 2 mit einem daran angeschlossenen Hauptbremszylinder 4, auf dem ein Bremsflüssigkeitsbehälter 3 angeordnet ist. Bei einer Betätigung des Fuß-Bremspedals 1 wird in den Hauptbremsleitungen 5a, 5b ein entsprechender Druck erzeugt, der über ein Umschaltventil 8a und die beiden Einlassventile 10a, 10b auf die Bremsbacken 11 der Räder 12 wirkt. Der Pfad, in dem sich bei Betätigung des Fuß-Bremspedals 1 Druck aufbaut, ist durch Pfeile b

35

40

5 gekennzeichnet. Ein Hochdruckschaltventil 7a ist in diesem Zustand geschlossen.

Bei einem Eingriff der Fahrdynamikregelung wird der Bremsdruck automatisch aufgebaut und auf vorgegebene Räder 12  
10 verteilt. Das Bremssystem 17 umfasst zu diesem Zweck eine Hydraulikpumpe 9a, die von einem Steuergerät (nicht gezeigt) angesteuert wird. Bei einer Regelung ist das Umschaltventil 8a geschlossen und das Hochdruckschaltventil 7a meist geöffnet. Die Hydraulikpumpe 9a fördert das Hydraulikfluid  
15 dann entlang der Pfade a zu den Bremsbacken 11. Das Hydraulikfluid strömt somit aus dem Bremsflüssigkeitsbehälter 3, durch die Hauptbremsleitung 5a, das Hochdruckschaltventil 7a, eine Ansaugleitung 6a, durch die Hydraulikpumpe 9a und weiter durch die Einlassventile 10a,10b zu den Bremsbacken  
20 11. Die Modulation des Bremsdrucks erfolgt mittels der Einlassventile 10a,10b und der Auslassventile 13a,13b, wobei kurzzeitige Druckspitzen in einen Ausgleichsbehälter 14a gepuffert werden.

25 Um ein Überlaufen des Ausgleichsbehälters 14a zu vermeiden, pumpt die Hydraulikpumpe 9a die überschüssige Bremsflüssigkeit regelmäßig zurück in Richtung des Bremsflüssigkeitsbehälters 3. Hierzu wird das Hochdruckschaltventil 7a geschlossen. Während der Rückförderung von Bremsflüssigkeit kann die Ansaugleitung 6a der Pumpe 9a evakuiert werden. Öffnet sich in diesem Zustand die Hauptstufe des Hochdruckschaltventils 7a wieder, fließt die Bremsflüssigkeit schlagartig in den evakuierten Raum der Ansaugleitung 6a. Dieser Vorgang erzeugt insbesondere bei einem Vordruck im  
35 Bereich von ca. 10bar - 40bar ein sehr lautes, den Fahrer irritierendes Geräusch (den sogenannten Druckausgleichsschlag) und eine deutliche Bremspedalbewegung.

Das Hochdruckschaltventil 7a ist üblicherweise zweistufig,  
40 mit einer Vor- und einer Hauptstufe, ausgeführt, um auch bei hohen Differenzdrücken das Öffnen des Ventils 7 zu

5 ermöglichen. Der am Schaltventil 7a anliegende Differenzdruck hat eine schließende Wirkung auf das Ventil. Durch Öffnen der Vorstufe baut sich der Differenzdruck leicht ab, so dass die Hauptstufe mit geringerem Energieaufwand geöffnet werden kann.

10

Das Hochdruckschaltventil 7a wird üblicherweise mit einem pulsweitenmodulierten Spannungssignal (PWM-Signal) angesteuert. Um insbesondere bei hohen Differenzdrücken ein sicheres Öffnen des Ventils 7a zu gewährleisten, wird das Ventil 7a zu Beginn der Ansteuerung für eine Zeitdauer von ca. 20ms mit einem PWM-Signal von 100% angesteuert. Fig. 2a zeigt den Verlauf des PWM-Steuersignals bei der bisherigen Ansteuerung. Anschließend wird das PWM-Signal 20 aus Gründen der thermischen Belastbarkeit des Ventils 7a druckabhängig z.B. auf 60% verringert (siehe Abschnitt 23 des Steuersignals 20). Diese Art der Ansteuerung führt in vielen Fällen zu einem sofortigen Öffnen der Hauptstufe des Schaltventils 7 und damit zu dem erwähnten Druckausgleichsschlag.

25 Fig. 2b zeigt den Verlauf des durch eine Spule des Ventils fließenden Stroms. Der Stromeinbruch 24 kennzeichnet dabei das Öffnen der Vorstufe des Ventils. Die Hauptstufe öffnet unmittelbar anschließend, wodurch es zum Druckausgleichsschlag kommt.

Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein zweistufiges Schaltventil derart zu öffnen, dass ein Druckausgleichsschlag nicht oder nur noch in geringem Ausmaß auftritt.

35

Gelöst wird diese Aufgabe gemäß der Erfindung durch die im Patentanspruch 1 angegebenen Merkmale. Weitere Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand von Unteransprüchen.

40

- 5 Ein wesentlicher Aspekt der Erfindung besteht darin, das  
zweistufige Schaltventil derart anzusteuern, dass sich in  
einer ersten Phase nur die Vorstufe des Ventils öffnet und  
die Hauptstufe des Ventils erst nach einer vorgegebenen Zeit  
aufgeht, wenn bereits ein gewisser Druckausgleich am Ventil  
10 stattgefunden hat. Um dies zu erreichen, wird das  
Schaltventil erfindungsgemäß in der ersten Phase mit einem  
Steuersignal mit kleinem Pegel angesteuert, durch das sich  
zunächst nur die Vorstufe des Ventils öffnet. Erst nach einer  
vorgegebenen Zeit wird das Schaltventil dann mit einem  
15 größeren Steuersignal angesteuert, um sicherzustellen, dass  
sich das Ventil in jedem Fall vollständig (d.h. auch die  
Hauptstufe) öffnet. Durch die zweistufige Ansteuerung wird  
das Öffnen der Hauptstufe verzögert, so dass sich der  
Druckausgleichsschlag deutlich verringert.
- 20 Der Signalpegel während der ersten Ansteuerphase ist  
vorzugsweise derart gewählt, dass das Öffnen der Hauptstufe  
des Schaltventils um wenigstens 10ms, vorzugsweise um  
wenigstens 30ms verzögert wird. Dadurch kann ein  
25 Druckausgleich am Ventil stattfinden, der den  
Druckausgleichsschlag mindert.
- Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird  
das mehrstufige Ansteuerungsverfahren nur innerhalb eines  
vorgegebenen Druckbereichs zwischen z.B. 10 und 30 bar und  
insbesondere zwischen 5 und 35 bar durchgeführt. Oberhalb von  
30 bis 40 bar ist es aus technischen Gründen normalerweise  
nicht möglich, die Hauptstufe des Schaltventils auch bei  
maximaler Ansteuerung sofort zu öffnen. Unterhalb von 5 bis  
35 10 bar ist die Geräuschentwicklung und Pedalrückwirkung des  
Druckausgleichsschlages ohnehin sehr gering. Der am  
Schaltventil herrschende Druck kann z.B. mittels eines  
Vordrucksensors gemessen oder geschätzt werden.
- 40 Das Öffnungsverhalten des Ventils ist in der Regel stark  
spannungs- und temperaturabhängig. Das Ansteuersignal für das



5 Ventil wird daher vorzugsweise spannungs- und/oder temperaturkompensiert. Die am Ventil tatsächlich anliegende Spannung kann z.B. gemessen und die Spulentemperatur geschätzt werden.

10 Die Erfindung wird nachstehend anhand der beigefügten Zeichnungen beispielhaft näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein aus dem Stand der Technik bekanntes hydraulisches Bremssystem;

15 Fig. 2a den Verlauf eines Ansteuersignals für ein Hochdruckschaltventil gemäß dem Stand der Technik;

20 Fig. 2b den zugehörigen Stromverlauf in der Spule des Hochdruckschaltventils;

Fig. 3a den Verlauf des Ansteuersignals gemäß einer Ausführungsform der Erfindung;

25 Fig. 3b den zugehörigen Stromverlauf in der Spule des Hochdruckschaltventils;

Fig. 4 den Stromverlauf zum Öffnen der Vor- und Hauptstufe des Ventils in Abhängigkeit vom Druck; und

Fig. 5 ein Flußdiagramm der wesentlichen Verfahrensschritte eines Verfahrens zum Ansteuern eines Hochdruckschaltventils.

35 Bezüglich der Erläuterung der Fig. 1 bis 2b wird auf die Beschreibungseinleitung verwiesen.

Fig. 3a zeigt den Verlauf eines PWM-Steuersignals, mit dem das zweistufige Schaltventil 7a bzw. 7b angesteuert wird, wodurch sich zunächst die Vorstufe des Ventils und erst  
40 anschließend, nach einer vorgegebenen Verzögerungszeit, die Hauptstufe öffnet. Das Ventil 7a bzw. 7b wird zunächst mit

5 einem PWM-Signal von z.B. 60% angesteuert und dieser Pegel für eine Zeitdauer von etwa 50ms beibehalten.

Fig. 3b zeigt den zugehörigen Stromverlauf durch die Spule des Ventils 7a bzw. 7b. Nach dem Zeitpunkt  $t=0$  steigt der  
10 Strom zunächst bis auf einen ersten Pegel an, auf dessen Niveau er während der ersten Phase A bleibt. Ein erster Stromeinbruch 24 nach etwa 5ms zeigt das Öffnen der Vorstufe an. Durch den nun stattfindenden Druckausgleich reduziert sich die auf das Ventil wirkende Schließkraft, so dass auch  
15 die Hauptstufe des Ventils 7a bzw. 7b nach etwa 40s selbsttätig öffnet. Das Öffnen der Hauptstufe ist am zweiten Stromeinbruch 25 erkennbar. Nach z.B. 50ms wird der PWM-Pegel auf 100% erhöht (siehe Abschnitt 21 des Signals), um in jedem Fall sicherzustellen, dass das Ventil 7a,7b auch tatsächlich  
20 voll öffnet. Der Signalpegel wird nach etwa 20ms auf ein niedrigeres Niveau 23 zurückgefahren, um eine Überhitzung des Ventils zu vermeiden.

Der hohe Signalpegel 21 könnte wahlweise auch bereits vor dem  
25 selbsttätigen Öffnen der Hauptstufe angelegt werden, um ein vorzeitiges Öffnen der Hauptstufe des Ventils 7a,7b zu erzwingen und das Öffnen des Ventils 7a,7b zu beschleunigen. Der entsprechende Signalverlauf ist durch gestrichelte Linien  
26 bzw. 27 dargestellt. Der Zeitpunkt des Öffnens der Hauptstufe sollte vorzugsweise wenigstens 10ms bis 20ms nach dem Öffnen der Vorstufe liegen, um zumindest einen geringen zwischenzeitlichen Druckausgleich am Ventil 7a,7b zu ermöglichen.

35 Fig. 4 zeigt den Strom des Ventils 7a,7b, der in Abhängigkeit vom Vordruck zum Öffnen der Vor- oder Hauptstufe erforderlich ist. Dabei kennzeichnet die Linie 30 den Mindeststrom zum Öffnen der Vorstufe und die Linie 31 den Mindeststrom zum Öffnen der Hauptstufe des Ventils 7a bzw. 7b. Wie zu erkennen  
40 ist, nimmt der erforderliche Mindeststrom mit zunehmendem Vordruck zu, da der Druck eine schließende Wirkung auf das

- 5 Ventil hat. Der schraffierte Bereich 32 kennzeichnet den Strombereich, in dem nur die Vorstufe des Ventils 7a,7b geöffnet wird und der folglich für die Ansteuerphase A gewählt werden kann.
- 10 Fig. 5 zeigt die wesentlichen Verfahrensschritte eines Verfahrens zum Ansteuern eines zweistufigen Hochdruckschaltventils 7a,7b. Der entsprechende Algorithmus kann z.B. in einem Steuergerät (nicht gezeigt) hinterlegt sein. In einem ersten Schritt 40 wird zunächst geprüft, ob
- 15 der am Ventil 7a bzw. 7b anstehende Vordruck innerhalb eines vorgegebenen Bereichs, z.B. zwischen 5 und 35 bar, liegt. Der Vordruck wird hierzu mittels des Vordrucksensor 29 (siehe Fig. 1) gemessen und mit vorgegebenen Schwellenwerten SW1, SW2 verglichen. Falls der Vordruck  $p_{vor}$  innerhalb des vorgegebenen
- 20 Druckbereichs liegt (Fall J), wird in Schritt 41 die aktuelle Ventilspulentemperatur T geschätzt (die Temperatur könnte auch gemessen werden). In Schritt 42 wird das Ventil 7a bzw. 7b dann mit einem spannungs- und temperaturkompensierten Steuersignal 20 für eine vorgegebene Zeitdauer angesteuert,
- 25 wobei das Steuersignal derart bemessen ist, dass die Vorstufe des Ventils 7a bzw. 7b öffnet, die Hauptstufe jedoch noch eine vorgegebene Zeit von wenigstens 20ms geschlossen bleibt. In Schritt 43 wird das Steuersignal dann erhöht, um in jedem Fall zu gewährleisten, dass das Ventil vollständig öffnet.

Durch die vorstehend beschriebene Ansteuerung des Hochdruckschaltventils 7a,7b kann ein Druckausgleichsschlag stark vermindert werden.



5 17.03.2004

ROBERT BOSCH GMBH; 70442 Stuttgart

## Bezugszeichenliste

10

	1	Fuß-Bremspedal
	2	Bremskraftverstärker
	3	Bremsflüssigkeitsbehälter
15	4	Hauptbremszylinder
	5a, 5b	Hauptbremsleitungen
	6a, 6b	Ansaugleitung
	7a, 7b	Hochdruckschaltventil
	8a, 8b	Umschaltventil
20	9a, 9b	Hydraulikpumpe
	10a-10d	Einschaltventile
	11	Bremsbacken
	12	Räder
	13a-13d	Auslassventile
25	14a, 14b	Ausgleichsbehälter
	15a, 15b	Rückschlagventile
	16	Motor
	17	Bremssystem
	18	Vordrucksensor
	19a, b	Bremskreise
	20	PWM-Signal
	21	hoher Signalpegel
	22	niedriger Signalpegel
	23	niedriger Signalpegel
35	24	öffnen der Vorstufe
	25	öffnen der Hauptstufe
	26	vorzeitiges öffnen der Hauptstufe
	27	niedriger Signalpegel
	30	Mindeststrom zum Öffnen der Vorstufe
40	31	Mindeststrom zum Öffnen der Hauptstufe
	32	Zwischenstrombereich

5	40-43	Verfahrensschritte
	A	erste Phase
	B	zweite Phase
	P <sub>vor</sub>	Vordruck

5 17.03.2004

ROBERT BOSCH GMBH; 70442 Stuttgart

Patentansprüche

10

15

20

25

35

40

1. Verfahren zum Ansteuern eines zweistufigen Schaltventils (7) mit einer ersten Stufe mit kleinerem Durchflussquerschnitt und einer zweiten Stufe mit größerem Durchflussquerschnitt, das in einem hydraulischen Bremssystem (17) zwischen einem Hauptbremszylinder (4) und einer Hydraulikpumpe (9) angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass das Schaltventil (7) in einer ersten Phase (A) mit einem Steuersignal (20) mit kleiner Amplitude (22) angesteuert wird, um zuerst ausschließlich die Vorstufe des Schaltventils (7) für eine vorgegebene Zeitdauer zu öffnen, und in einer zweiten Phase (B) mit einem Steuersignal (20) mit größerer Amplitude (21) angesteuert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Steuersignal (20) temperatur- und spannungskompensiert ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der am Schaltventil (7) vorherrschende Differenzdruck ermittelt und das mehrphasige Ansteuerungsverfahren nur in einem vorgegebenen Druckbereich durchgeführt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Druckbereich zwischen wenigstens 10 bar und 30 bar und insbesondere zwischen 5 bar und 35 bar liegt.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Steuersignal (20) in der ersten Phase (A) derart bemessen ist, dass die erste Stufe des Schaltventils (7) für wenigstens 10ms, vorzugsweise wenigstens 30ms, offen ist, bevor sich die zweite Stufe öffnet.

5

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Phase (B) frühestens 30ms nach Beginn der ersten Phase (A) einsetzt.

10

5 17.03.2004

ROBERT BOSCH GMBH; 70442 Stuttgart

Verfahren zum Ansteuern eines zweistufigen Schaltventils

10

Zusammenfassung

15

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ansteuern eines zweistufigen Schaltventils (7a,7b) mit einer ersten Stufe mit kleinem Durchflussquerschnitt und einer zweiten Stufe mit größerem Durchflussquerschnitt, das in einem hydraulischen Bremssystem (17) zwischen einem Hauptbremszylinder (4) und einer Hydraulikpumpe (9) angeordnet ist. Der

20

Druckausgleichsschlag beim Öffnen des Schaltventils (7) kann wesentlich verringert werden, wenn das Schaltventil (7) in einer ersten Steuerphase (A) mit einem Steuersignal (20) mit kleiner Amplitude (22) angesteuert wird, durch das sich zunächst nur die Vorstufe des Ventils (7) öffnet, und das Ventil (7) in einer zweiten Phase (B) mit einem Steuersignal

25

(20) mit größerer Amplitude angesteuert wird.

Fig. 3a



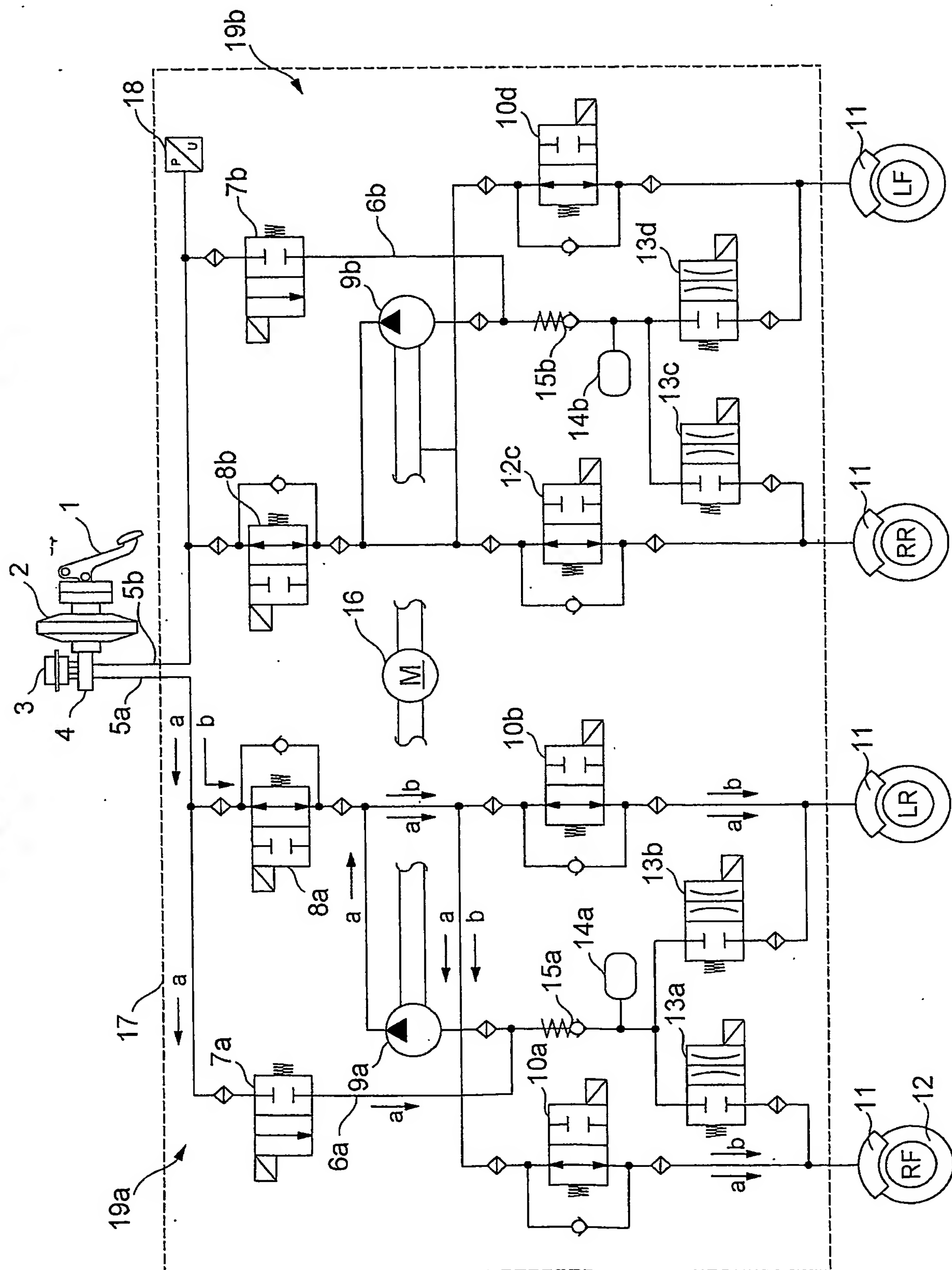


Fig. 1

2 / 3

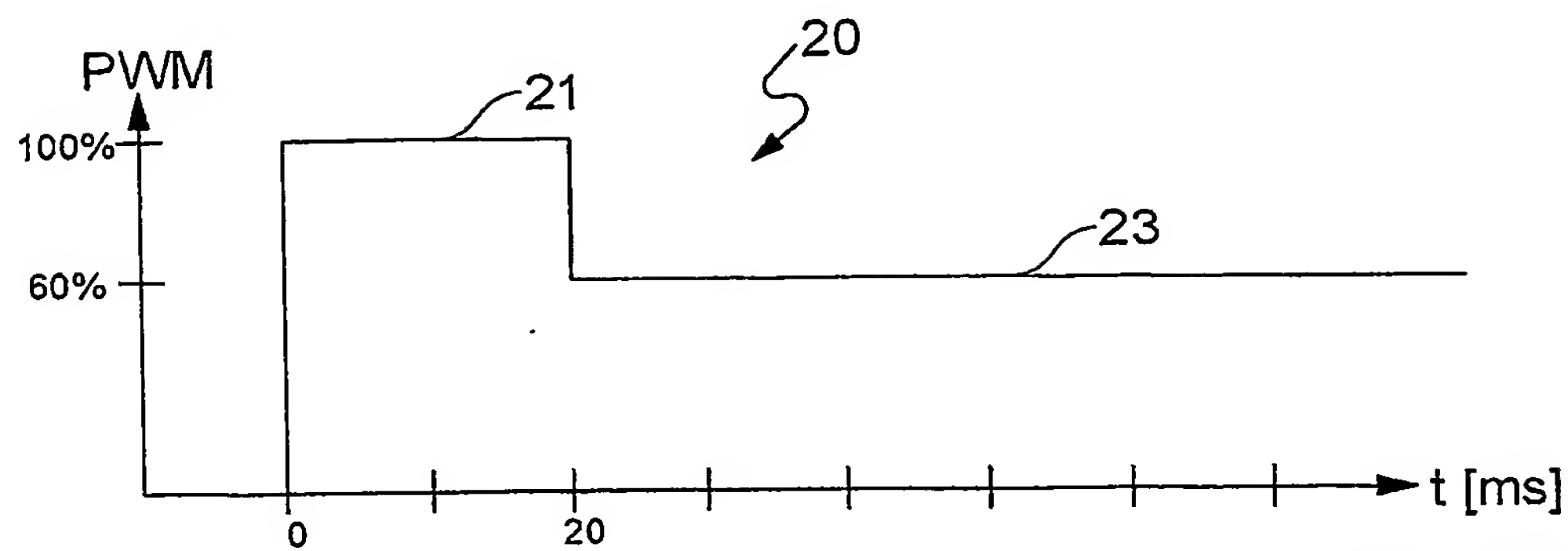


Fig. 2a

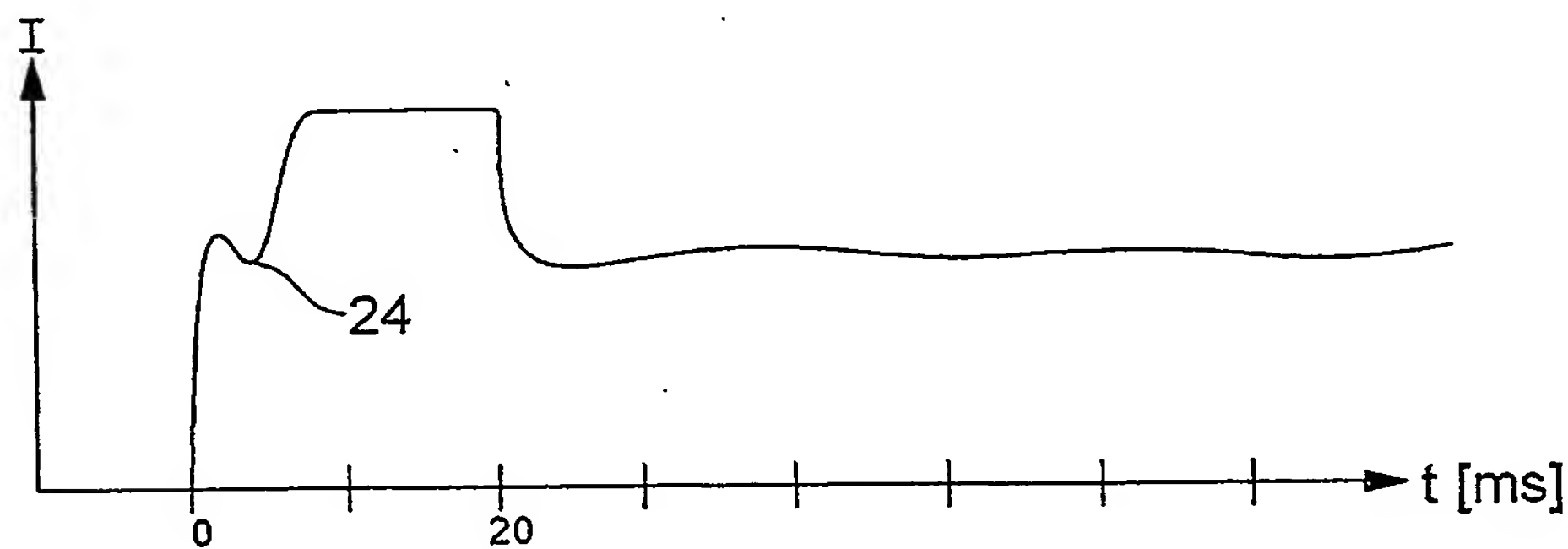


Fig. 2b

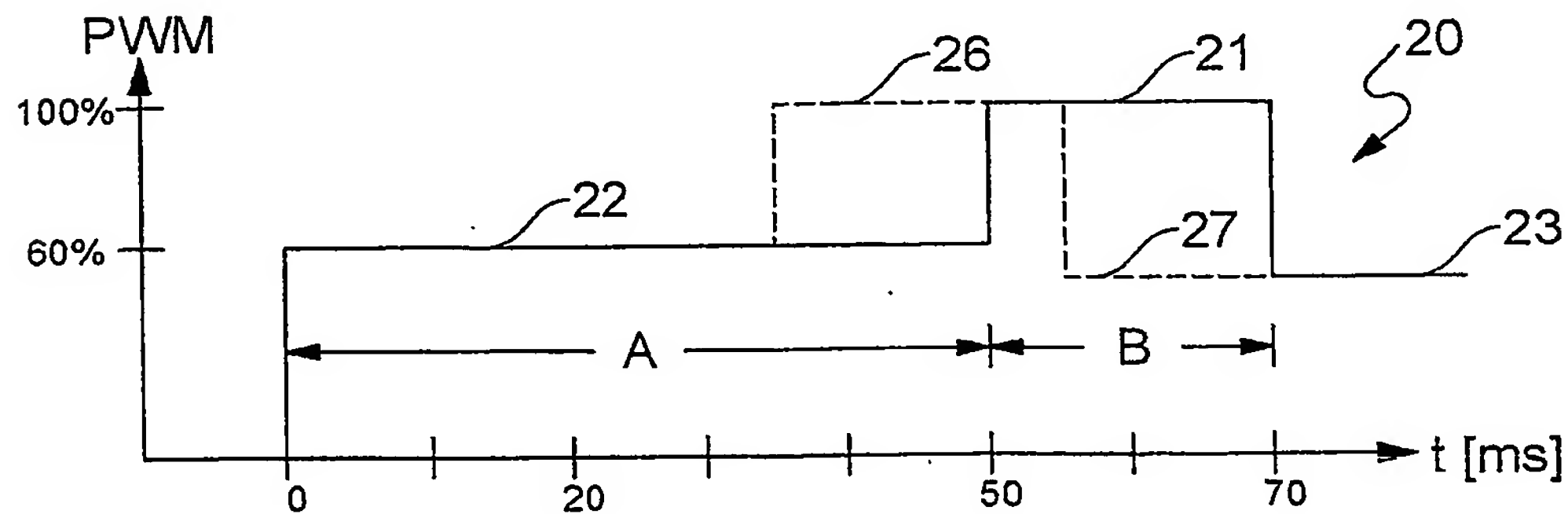


Fig. 3a

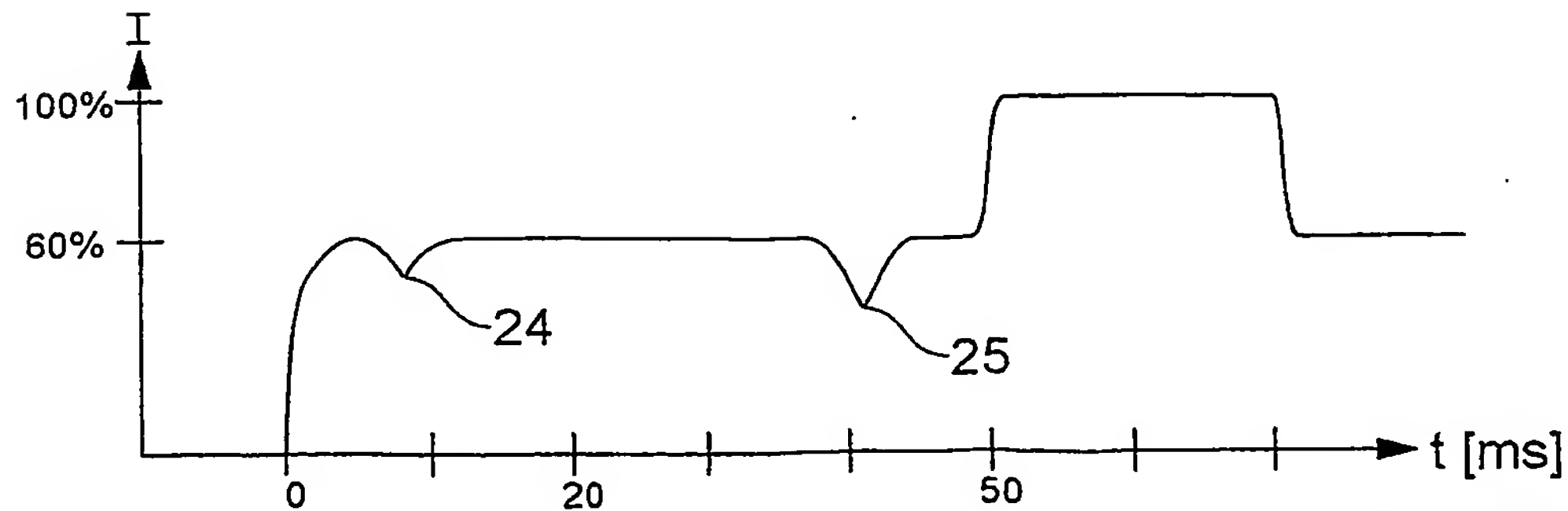


Fig. 3b

3 / 3

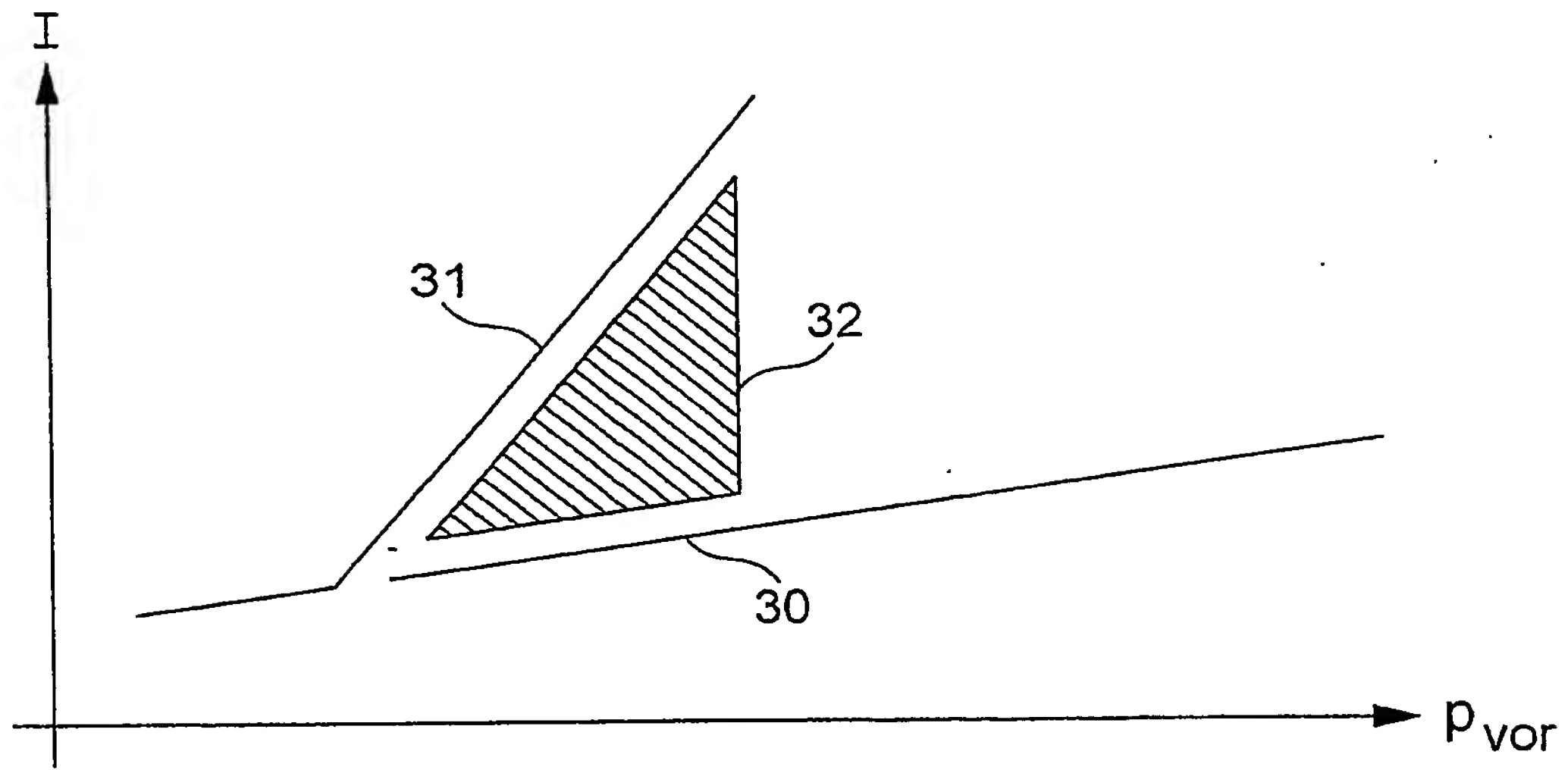


Fig. 4

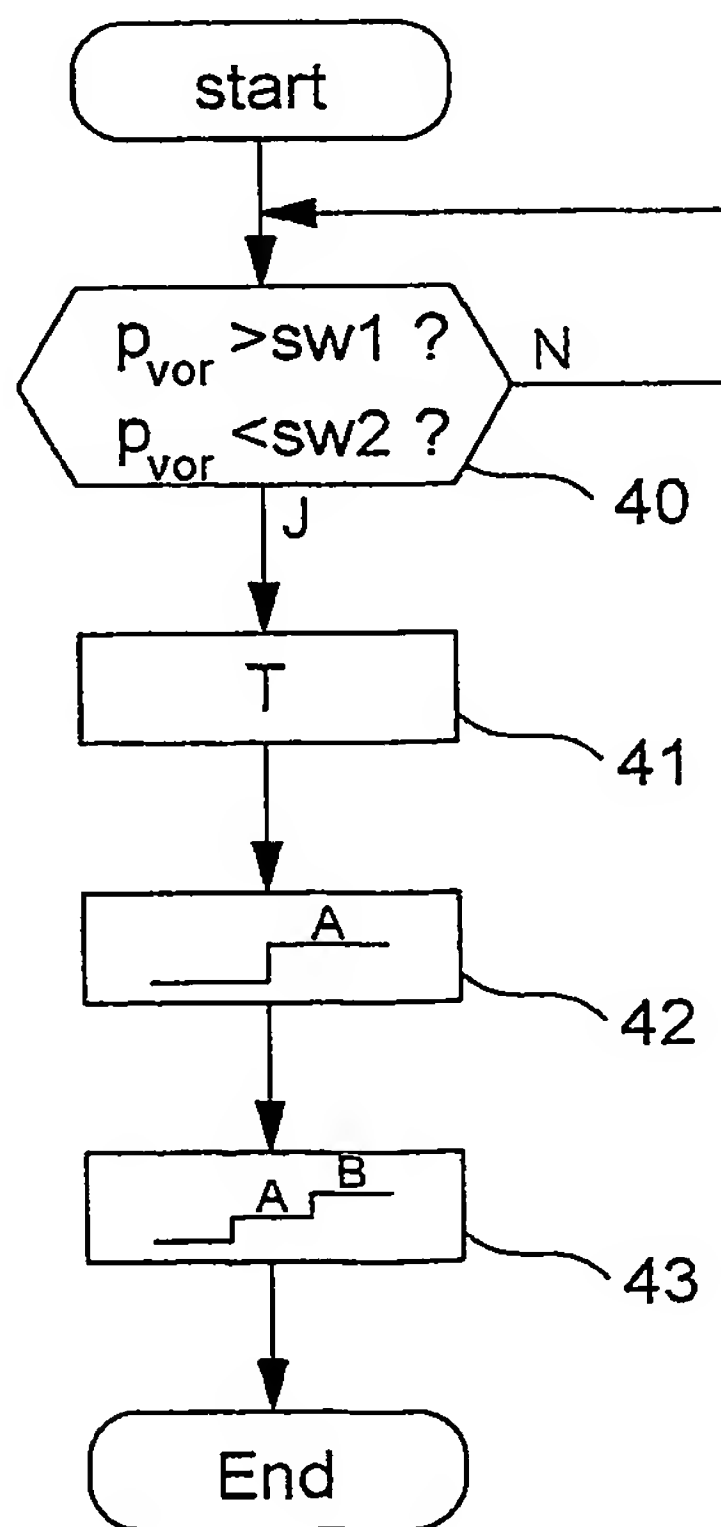


Fig. 5

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**